

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年10月12日(12.10.2017)

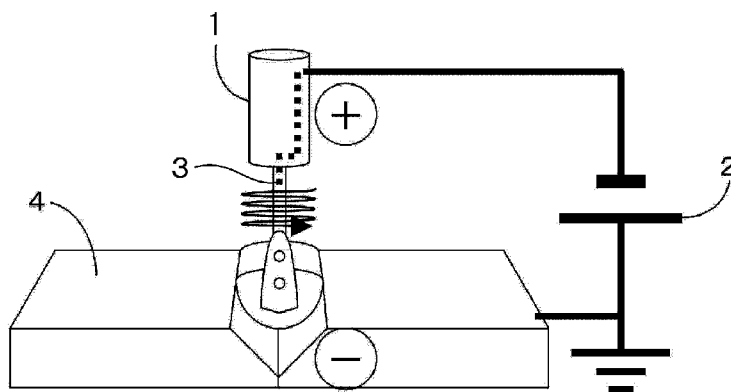


(10) 国際公開番号
WO 2017/175541 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 9/127 (2006.01) B23K 9/12 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/009826
 - (22) 国際出願日: 2017年3月10日(10.03.2017)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2016-075181 2016年4月4日(04.04.2016) JP
 - (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 Hyogo (JP).
 - (72) 発明者: 西田 吉晴(NISHIDA Yoshiharu). 大根努(ONE Tsutomu). 西村 利彦(NISHIMURA Toshihiko).
 - (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所(EIKOH PATENT FIRM, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ARC-TRACKING WELDING METHOD AND ARC-TRACKING WELDING APPARATUS

(54) 発明の名称: アーク追い溶接方法およびアーク追い溶接装置



(57) Abstract: An arc-tracking welding method according to the present invention is an arc-tracking welding method in a consumable-electrode-type welding apparatus provided with a weaving function for swinging a torch in the welding direction, wherein a welding current and a welding voltage to be supplied to a consumable electrode include high-frequency components. A change in resistance value resulting from a fluctuation in electrode height is detected from the welding current and the welding voltage during welding. Then, a shift of a weld line is detected from information about the detected resistance value and both end positions of a weaving amplitude.

(57) 要約: 本発明のアーク追い溶接方法は、溶接方向に対してトーチを揺動させるウィービング機能を備えた消耗電極型の溶接装置におけるアーク追い溶接方法であって、消耗電極へ供給する溶接電流及び溶接電圧が高周波成分を含むようにする。溶接中における溶接電流及び溶接電圧から、電極の高さ変動に伴う抵抗値変化を検出する。そして検出された抵抗値とウィービングの振幅両端位置に関する情報とから溶接線のズレを検出する。



WO 2017/175541 A1

明 細 書

発明の名称： アーク倣い溶接方法およびアーク倣い溶接装置

技術分野

[0001] 本発明は、アーク倣い溶接方法およびアーク倣い溶接装置に関する。

背景技術

[0002] アーク溶接においては、溶接電流や溶接電圧等の電気的变化に基づいて、溶接すべき継手位置とワイヤ先端位置とのズレ量を検出し、このズレを補正することによって溶接線を自動追従する「アーク倣い」が汎用されている。このアーク倣いは、対象ワークの設置誤差、加工誤差、加工中の変形等によって発生する加工具(溶接トーチ)の狙い位置のズレを検出して補正することにより、溶接欠陥を防止し、自動化率を向上させることを目的としている。

[0003] このようなアーク倣いの原理は、溶接ワイヤの突き出し長さ（正確には、トーチ給電箇所から母材までの間の距離 L_a ）の変化に応じて、溶接電流あるいは溶接電圧が変化することを利用している。即ち、ウィービング動作時のアーク電流波形またはアーク電圧波形の非対称性から、トーチの狙い位置のズレを検出する。検出されたズレを自動溶接装置あるいは溶接ロボットシステムにフィードバックして、トーチ先端位置のズレがなくなる方向に修正する。これにより、溶接線を自動追従する。

[0004] このようなアーク倣い制御として、特許文献1に開示された「ロボット用アークセンサの倣いパラメータの設定方法およびロボット用アークセンサの倣いパラメータの設定方法」がある。

特許文献1は、シフト量が異なる複数の区間で区切られた教示線上に沿って溶接トーチを溶接させながら移動させる際、前記区間毎に定められているシフト量に応じて前記溶接トーチをシフトさせて移動させる移動工程と、前記区間毎に移動中の溶接トーチに供給されてサンプリングされた電気量を、該サンプリングする周期よりも長い所定周期毎に平均化する平均化工程と、該平均化した値と基準値との差分値を算出する差分値算出工程と、前記区間

毎の前記差分値の平均差分値を算出する平均差分値算出工程と、前記区間毎の前記差分値の平均差分値に基づいて回帰直線および該回帰直線と前記平均差分値との相関係数を求める回帰直線および相関係数取得工程と、前記回帰直線の傾き、および切片に係する倣いに関するパラメータを前記相関係数に基づいて評価して、該パラメータを倣いパラメータとして設定する評価工程を含むことを特徴とするロボット用アークセンサの倣いパラメータの設定方法を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開2010-120042号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述したように、アーク倣いは溶接電流または溶接電圧の変化量に応じ、トーチ先端動作軌跡を溶接線に対して直角に位置修正するフィードバック制御である。しかし、以下に述べるように、実際の溶接現場に適用した場合、様々な問題が生じていることが、実績として挙がってきている。

- すなわち、従来から用いられているアーク倣い溶接の技術によれば、
 - ・継手位置（開先）の左右端による溶接電流値の差異を見るだけではS/N比が悪く、更なる高精度化が必要である。
 - ・溶接ワイヤの脚長に対して特にウィービング振幅が小さい場合、また溶接対象の板厚が薄い場合などでは更なる高精度化が必要となる。
 - ・単純な抵抗値検出によるアーク倣いは、制御ループの影響を受けるなど、有意な抵抗値変化を捉えられない。

[0007] 本発明は、上述の問題に鑑みてなされたものであり、溶接現場においても正確なアーク倣い溶接を可能とする技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するため、本発明のアーク倣い溶接方法は、以下の技術的

手段を講じている。

即ち、本発明のアーキアーク溶接方法は、溶接方向に対してトーチを揺動させるウィーピング機能を備えた消耗電極型の溶接装置におけるアーキアーク溶接方法であって、前記消耗電極へ供給する溶接電流及び溶接電圧に、前記ウィーピングの周波数よりも高い周波数の高周波成分が含まれるようにし、溶接中における前記溶接電流及び溶接電圧を検出し、検出された前記溶接電流及び溶接電圧から抵抗値を求め、求められた前記抵抗値と前記ウィーピングの振幅両端位置に関する情報とから、前記トーチの溶接線からのズレを検出する。

[0009] 好ましくは、前記高周波成分を前記消耗電極へ供給する溶接電流又は溶接電圧の直流成分より大きくするとよい。好ましくは、前記高周波成分の周波数が100Hz以上である。

前記消耗電極へ供給する前記溶接電流及び溶接電圧をパルス波形とし、前記パルス波形に含まれる高周波成分を前記高周波成分として使用することもできる。

[0010] また、本発明のアーキアーク溶接装置は、以下の技術的手段を講じている。

即ち、本発明のアーキアーク溶接装置は、溶接方向に対してトーチを揺動させるウィーピング機能、およびアーキアーク機能を備えた消耗電極型のアーキアーク溶接装置であって、前記消耗電極へ溶接電流及び溶接電圧を供給し、前記ウィーピングの周波数よりも高い周波数の高周波成分を前記溶接電流及び溶接電圧に含めることが可能に構成されている溶接電源と、溶接中における溶接電流を検出する電流検出器と、溶接中における溶接電圧を検出する電圧検出器と、前記トーチの溶接線からのズレを検出するズレ検出器を有し、前記ズレ検出器は、前記電流検出器により検出された電流と前記電圧検出器により検出された電圧とから溶接中における溶接電流及び溶接電圧から抵抗値を求め、求められた前記抵抗値と前記ウィーピングの振幅両端位置に関する情報とから前記トーチの溶接線からのズレを検出する。

発明の効果

[0011] 本発明のアーク倣い溶接方法及び溶接装置の技術を用いることで、溶接現場においても正確なアーク倣い溶接が可能となる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]溶接ロボットのシステム構成を模式的に示した図である。

[図2]アーク倣い溶接を模式的に示した説明図である。

[図3A]アーク倣いの原理を示した説明図である。

[図3B]アーク倣いの原理を示した説明図である。

[図4]従来技術において、継手位置の左右端での電流値変化を示したグラフである。

[図5]定電圧を有する溶接電源を用いる従来技術において、電流・電圧波形における抵抗値の推定結果を示したグラフである。

[図6]溶接電源の定電圧特性を示したグラフである。

[図7]高周波を重畳させた電流・電圧波形から抵抗値 R を推定した際の結果を示したグラフである。

[図8]本発明の第1実施例において、高周波を重畳させた電流・電圧波形から抵抗値 R 、インダクタンス L 、オフセット電圧 V_0 を推定した際の結果を示したグラフである。

[図9]高周波による変動を抑制するため高周波除去フィルタを用いた比較例において、継手位置の左右端での電流差を示したグラフである。

[図10]図8を拡大して示したグラフである。

[図11]図9を拡大して示したグラフである。

[図12]本発明の第2実施例において、パルス電源の電圧値を推定した結果を示すグラフである。

[図13]パルス電源を用いた場合の電流値を示したグラフとその一部を拡大したグラフである。

[図14]パルス電源を用いた場合の電流値をフィルタリングした波形を示したグラフである。

[図15]図7を拡大したグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施の形態に係るアーク倣い溶接方法およびアーク倣い溶接装置について、図面に基づき詳しく説明する。

以下においては、溶接動作を行う機器を、溶接トーチ 1 を溶接方向に対して揺動動作（ウィーピング動作）させる多関節の溶接ロボットとして説明するが、これは一例に過ぎず、専用の自動溶接装置であっても構わない。

[0014] 本実施の形態に係るアーク倣い溶接方法は、例えば、垂直多関節型のロボットシステムに適用される。ロボットシステムの構成を図 1 に模式的に示す。垂直多関節型のロボットシステムの概要は以下の通りである。

図 1 は溶接ロボット 5 による倣いシステム構成図である。

垂直多関節型のロボットシステムは、溶接ロボット 5 と、教示ペンダント（図示略）を備えた制御装置 6 を含む。溶接ロボット 5 は垂直多関節型の 6 軸の産業用ロボットであり、その先端に溶接トーチ 1 などから構成される溶接ツールが設けられている。この溶接ロボット 5 はそれ自体を移動させるスライダに搭載されていてもよい。

[0015] 制御装置 6 は、溶接ロボット 5 を、予め教示したプログラムに従って制御する。このプログラムは、制御装置 6 に接続された教示ペンダントを使用して作成する場合や、パーソナルコンピュータを利用したオフライン教示システムを使用して作成する場合がある。いずれの場合であっても、このプログラムは、実際の動作の前に予め作成される。パーソナルコンピュータにより作成されたプログラムは、記憶媒体等を介して制御装置 6 に受け渡しされたり、データ通信により制御装置 6 に転送されたりする。

[0016] 本実施の形態に係るアーク倣い溶接方法は、制御装置 6 内に設けられたプログラムとして実現されている。

[0017] 図 2 にアーク溶接の模式図を示す。

アーク溶接は溶接トーチ 1 から供給される溶接ワイヤ 3（消耗電極）と母材 4 の間に溶接電源 2 で電圧を印加し、溶接ワイヤ 3 と母材 4 の間でアークを発生させる。そのアーク熱で母材 4 と溶接ワイヤ 3 を熔融させながら溶接

する。アーク溶接に伴い溶接ワイヤ3は溶け落ちてゆくため、溶接中は送給装置により溶接トーチ1内を経由して溶接ワイヤ3が供給され続ける。つまり、このアーク溶接は、消耗電極型の溶接となっている。

[0018] 母材4と溶接ワイヤ3が溶融した溶接金属が凝固し、溶接ビードが形成され、強固な溶接が実現される。厚鋼板の溶接に代表される中厚板溶接では溶接部の強度を維持するために溶接ビードの幅を広くし、溶着量や溶け込み深さを確保する必要がある。そのため中厚板溶接では、溶接トーチ1を左右に揺動させるウィービングという動作を行いながら溶接することで、溶接ビードを拡幅し溶接強度を確保している。

[0019] 制御装置6は、溶接トーチ1をウィービング動作させる指令を溶接ロボット5（図1参照）に対して出力する。

溶接電源2は、予めプログラムされた任意の電圧波形を出力することが可能である。例えば、所定の周波数が重畳された波形や所定の周波数のパルス波形を出力することが可能である。溶接電源2には電圧検出器及び電流検出器（ともに図示せず）が内蔵されていて、実際に出力された電圧及び電流（すなわち、溶接電圧および溶接電流）を測定することが可能である。

[0020] また、溶接トーチ1からはシールドガスも合わせて供給され、アーク柱を大気から保護している。溶融後の溶融金属も溶接ワイヤ3に含まれるフラックスの分解によって発生するガスにより大気から保護され、ブローホールなどの溶接欠陥を抑制している。

一方、中厚板の溶接分野では、溶接ワークのガス切断や曲げによる加工精度が悪い場合がある、溶接ワークを治具矯正できず設置精度が悪い場合がある、溶接ワークが溶接中に治具拘束できず熱ひずみで変形する場合がある、などの原因により、溶接すべき位置である溶接線が常に決められた位置にあるとは限らない。溶接線のズレはおおむね数mmからcmオーダーで発生する。

[0021] しかし、溶接品質の観点から厚板分野でアーク溶接ロボットに許容される溶接線とのズレは一般に1mm未満であり、事前に決められた位置を動作す

るプレイバック方式のロボットでは溶接できない。即ち、中厚板向け溶接ロボットでは、予め教示された溶接位置と実ワークの溶接位置とのズレをズレ検出器によりリアルタイムに検出しながら、都度これに適応してサブmmオーダーの精度で溶接線を「倣う」ことが必須条件であり、欠くことができない非常に重要な機能の一つである。

[0022] 図3A、図3Bはアーク倣いの原理を模式的に示す説明図である。

図3Aに示すように、ウィーピング動作を行うと、ウィーピング位置によって溶接トーチ1と母材4までの距離（以下、「トーチ高さ」と呼ぶ）が変化する。溶接電源2（図2参照）に対して定電圧制御を行った場合、トーチ高さの変化に伴い、ウィーピング位置によって溶接電流も変化する。あるいは、溶接電源2に対して定電流制御を行った場合、トーチ高さの変化に伴い、ウィーピング位置によって溶接電圧も変化する。ウィーピング中心Bと溶接線が一致している場合、溶接電流はウィーピング中心Bを中心に図中左右対称に変化し、ウィーピングの振幅両端位置（ウィーピング端点）A、Cでの溶接電流は一致する。このようにウィーピング端点A、Cでの溶接電流が一致している状態は、正常状態である。

[0023] 一方、図3Bに示すように、ウィーピング中心Bが溶接線からズレている場合、ウィーピング端点A、Cでのトーチ高さの違いから溶接電流に差が発生する。この端点での電流差を検知し、予め教えられたウィーピング中心を補正しながら、溶接線に追従する機能がアーク倣いである。

本実施形態においては、上記ズレの量を推定演算するプログラムが図1に示す制御装置6に搭載されている。そのズレ量を求める方法について、以下で説明する。

[0024] 図4には、アーク溶接に用いられる定電圧の溶接電源2を用いた場合の電流波形を示す。

図4は、ウィーピング中心を溶接線から故意に2mmずらし、1秒周期、2mm振幅でウィーピング動作をさせた場合の溶接電流の波形である。ウィーピング中心が常に2mmズレているため、理論的には、左右端での溶接電

流差は一定の筈である。しかし、図4に示すように、左右端での電流差に比べ、電流波形全体での電流変動が大きく、少し左右端の位相がずれるだけで、大きく電流値が変化し、S/N比（信号とノイズとの比）が非常に悪いことが分かる。

[0025] 一方、トーチ高さは電流値変化以外に抵抗値などの変化となって現れるため、抵抗値を検出し、左右でのトーチ高さの違いから溶接線からのズレを推定することも考えられる。

定電圧溶接電源2を用いた図4と同じ電流情報Iに加え、電圧情報Vも用いて、下記式(1)で得られる抵抗値Rを推定した結果を図5に示す。

[0026] [数1]

$$V(t) = R \times I(t) \quad (1)$$

[0027] 図5は、従来の定電圧電源における電流・電圧波形における抵抗値の推定結果を示したグラフである。同図によれば、抵抗値が大きく変動し、有意な情報が含まれていない。ズレの大きさが一定であれば理論的には左右端での抵抗値の差は一定であるはずであるが、図5では左右端での抵抗値の差の変動が大きい。このように、図5からは全く溶接線のズレが検出できないことが分かる。

[0028] また正の値をとるはずの抵抗値の平均がマイナスになっている。これは溶接電源2が溶接の安定性を増すために、図6のように電流値が大きくなると電圧値を小さくするネガティブフィードバック制御が行われているためである。このネガティブフィードバックにより、抵抗値に換算すると負に作用するため、抵抗値が負になっている。このように通常の溶接電源2の電流波形に対して式(1)に基づいて抵抗値を単純に推定しても、制御ループの影響が検出されるだけで、左右端での抵抗値の差を有意に検出することができない。

[0029] 以上まとめれば、従来から用いられているアーク倣い溶接技術によれば、以下の問題が生じることとなる。

- ・継手位置の左右端による溶接電流値の差異を見るだけではS N比が悪く、更なる高精度化が必要である。
- ・溶接ワイヤ3の脚長に対して特にウィービング振幅が小さい場合、板厚が薄い場合、などでは更なる高精度化が必要となる。
- ・単純な抵抗値検出によるアーク倣いは、制御ループの影響を受けるなど、有意な抵抗値変化を捉えられない。

[0030] そこで、本実施形態においては、以下の手法を用いたズレ量検出方法を採用し、溶接現場においても正確なアーク倣い溶接を可能としている。

その技術の根幹は、消耗電極へ供給する溶接電流及び溶接電圧が高周波成分を含むようにしておき、溶接中における溶接電流及び溶接電圧から、電極の高さ変動に伴う抵抗値変化を検出し、検出された抵抗値の変化量とウィービングの左右位置とから溶接線のズレを検出することである。

[0031] ここで、溶接電流又は溶接電圧に、ウィービングの周期よりも高い周波数成分を含むように溶接電源2を制御する。更には、その高い周波数成分を溶接電流又は溶接電圧の直流成分より高くすることで、抵抗値変化の検出精度を向上させるようにしている。

高周波数成分を含むように溶接電源2を制御するには、溶接電源2への電圧または電流指令値がその高周波数成分を含むようにすればよい。あるいは、消耗電極へ供給する溶接電流及び溶接電圧として、パルス波形を採用し、高周波成分としてパルス波形に含まれる高周波成分を使用してもよい。

高周波成分の周波数としては、100Hz以上とすることが好ましい。

[0032] 上記のように溶接電流あるいは溶接電圧に高周波波形を含める技術を採用することにより、図6の定電圧特性におけるネガティブフィードバック制御の影響を受けることなく、高周波領域において抵抗値推定を実施することが可能となる。

[0033] 以下、実施例（第1実施例～第3実施例）を基に、本願の技術を精説する。

実施例

[0034] [第1実施例]

第1実施例では、溶接電源2に300Hzの高周波波形を電流値に重畳させ、式(1)に基づき抵抗値を推定した。その際の結果を図7に示す。

図7における波形は、式(1)で算出される抵抗値を示したものであり、図7中の丸印は、電極先端が溶接線の左側端部(図3A, 図3Bにおける左側(A))に位置している状況であり、図7中の四角印は、電極先端が開先の右側端部(図3A, 図3Bにおける右側(C))に位置している状況である。丸印、四角印の意味は、以下登場する図でも同じである。

電極先端が端部に位置しているタイミングは、制御装置がロボットに出力するウィーピング指令において、電極先端が端部に位置することを指令したタイミングにロボットの動作遅れを加味して認識する。

[0035] 図7の結果から、溶接電源2から供給される電流又は電圧に高周波波形を重畳することにより、従来検出できなかった抵抗値Rの変化(例えば、図5参照)を捉えられることが分かった。

更に、溶接時には抵抗値R以外に、オフセット電圧 V_o や、インダクタンスLが作用することが想定されるため、式(1)に代えて、下記式(2)に基づき抵抗値Rを推定した結果を図8に示す。

[0036] [数2]

$$V(t) = R \times I(t) + L \times \frac{dI(t)}{dt} + V_o \quad (2)$$

[0037] 図8の方が、図7に比して、抵抗値Rの推定結果に関するノイズが低減されていることが分かる。これは主にインダクタンスLを考慮した結果であると想定される。

なお、R、L、 V_o を推定するには、例えば、下記(3)式なる関係から、下記(4)式にてR、L、 V_o を推定できる。

[0038]

[数3]

$$\begin{bmatrix} I(t_1) & \frac{dI(t_1)}{dt} & 1 \\ I(t_2) & \frac{dI(t_2)}{dt} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ I(t_n) & \frac{dI(t_n)}{dt} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ L \\ V_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V(t_1) \\ V(t_2) \\ \vdots \\ V(t_n) \end{bmatrix} \quad (t_1 < t_2 < \dots < t_n) \quad (3)$$

$$A \times \begin{bmatrix} R \\ L \\ V_o \end{bmatrix} = B$$

[0039] [数4]

$$\hat{P} = (A^T \times A)^{-1} \times A^T \times B, \quad P = \begin{bmatrix} R \\ L \\ V_o \end{bmatrix} \quad (4)$$

[0040] 但し、この時、推定されたR、L、V_oはt₁～t_nの区間における平均された推定値となっており、平均区間1～nを変更することで、平滑化や通過させる周波域を変更することができる。ここでは高周波波形を通過させたいため、重畳した高周波波形が通過できるようにnを選ばばよい。

[0041] また、上記は1ショット型の最小自乗推定を毎回行う手法であるが、逐次最小自乗法を使用することができる。1ショット型の場合、t₁以前の過去の影響を受けず推定できるが、計算量が大きくなる。一方、最小自乗法は過去の影響を若干引きずるが、計算量が非常に小さくて済むメリットがある。逐次最小自乗法による推定は下記(5)式で与えられる。

[0042] [数5]

$$K_i = \frac{M_i \times A(i,:)}{\lambda + A(i,:)^T \times M_i \times A(i,:)}$$

$$M_i = \frac{(M_{i-1} - K_i \times A(i,:)^T \times M_{i-1})}{\lambda} \quad (5)$$

$$P_i = P_{i-1} - K_i \times (A(i,:) \times P_{i-1} - B(i,:))$$

[0043] ここで、 P_i が i 回目の逐次計算における $[R, L, V_o]$ の推定値である。また、 $A(i, :)$ は A 行列の i 行目のベクトル、同様に $B(i, :)$ は B 行列の i 行目のベクトルである。また λ は忘却係数である。

上記逐次最小自乗法にて（忘却係数をほぼ 0.1 秒程度となるように与えた）推定した結果が図 8 である。

[0044] 図 7（ R のみ推定）と図 8（ R, L, V_o を推定）を比較しても、ノイズレベルの差異が明確には表されていない。そこで、図 8 の拡大図を図 10 に、図 7 の拡大図を図 15 に示す。図 15（ R のみ推定）と図 10（ R, L, V_o を推定）を比較すると、明らかに図 10 の方がノイズが少ないことが分かる。

[0045] このように、第 1 実施例においては、高周波を重畳させた上で、重畳した高周波成分を除去するようなフィルタを適用することなく、電流・電圧波形から抵抗値 R を推定している。このように推定した抵抗値を用いて、左右端での抵抗値の差から溶接線からのズレを検出することで、 SN 比の向上を実現することが可能となった。

なお、左右端での抵抗値の差と溶接線からのズレ量との関係は、予め実験的に求めておけばよい。

[0046] 一方、比較例として、溶接線の左右端点での電流差を見た結果を図 9 に示す。

図 9 に示す電流波形は、図 8 の抵抗値を求めるのに用いたものと同じ電流波形に対して、高周波成分をカットするフィルタ処理を施したものである。これは、高周波成分はノイズとしか作用しないためである。更に、フィルタによる端点の位相のズレは補正した上で、端点での電流差を比較している。

[0047] 図 11 は、図 9 の拡大図である。この図から明らかなように、左右端点の電流差に対して、他の箇所での電流値変動が大きく、有意に端点での電流差が得られない箇所がある。図 10 は、本実施例を示す図 8 の拡大図である。図 11 と比較して、図 10 では端点での抵抗値の変化が大きく、感度良く溶接線のズレを検出できることが分かる。

また、高周波成分を残したまま、電流値を検出すると、図13のように高周波の影響で、端点の電流が大きく変動する。少し時間位置がずれるだけでも、電流値が変動する。したがって、左右端での電流値を正しく認識することができない。

そのため、従来技術において電流値を用いる場合は、図14のように高周波成分を大幅にカットするようなフィルタ処理を行った電流波形を使用することで、図9のような端点での電流差を検出することができる。

言い換えれば、従来技術では、高周波成分はノイズでしかなく、除去するしかないものであったが、本実施形態の手法では、積極的に高周波成分を活用することで、抵抗値Rの推定を実現することを可能とした。

[0048] なお、従来の電流値ではトーチ高さが低いと電流値が高くなるが、抵抗値の場合は逆で、トーチ高さが低いと抵抗値が小さくなる。左右端で抵抗値が小さい方に溶接線がズレていることになり、それとは逆の方向にトーチの位置を修正すればアーク倣いが可能となる。

[0049] [第2実施例]

第1実施例では、一定電流に高周波成分を重畳させたが、第2実施例では溶接電源2からの出力電流波形としてパルス波形を採用し、高周波成分を追加的に重畳させる代わりに、パルス波形の高周波成分を使用することとした。

[0050] かかる状況下において、式(5)の逐次推定で推定された $[R, L, V_0]$ の推定値で、 V を逆算推定した結果を図12に示す。電流値をパルス状に変化させるために、実電圧も高い周波数成分を含みながら大きく変化し、その実電圧を $[R, L, V_0]$ で推定することで、高精度に電圧が推定されることが分かる。一方、抵抗値のみを用いた(1)式に基づく推定でも、 $[R, L, V_0]$ の推定値同様にRの推定が可能な事が分かる。

[0051] [第3実施例]

第1, 2実施例では推定された抵抗値Rの左右端での差異のみに着目したが、左右端近傍での平均値をとるなど、抵抗値Rの左右端での値以外の情報

を使用することで、更にノイズに強く、高いSN比が実現できる。

[0052] 溶接線の左右端近傍での平均値以外には、例えば、溶接電流を対象にした従来技術を適用することも可能である。その一例としては、従来技術（日本特開平5-177353号公報）には、溶接電流波形を入力とするニューラルネットワークによる倣い手法が示されているが、例えば溶接電流波形の代わりに、抵抗値Rの波形に基づくニューラルネットワークを構成する事で、溶接電流よりも高精度な倣いを実現することができる。

[0053] 以上述べたアーク倣い溶接方法は、溶接ロボットによる倣い溶接などに好適である。

以下に留意点を記載する。

まず、式(1)による推定(Rのみ)及び式(2)による推定(R, L, V_o)の双方とも、溶接電源2の制御帯域以上の高周波成分が必要である。パルス波形を用いた場合においても、ロボットコントローラに取り込まれる電流・電圧値がローパスフィルタによってノイズ除去(高周波成分が除去)されていれば、図6の定電圧特性となるように制御されている状況では、Rの推定は難しい。

[0054] 次に、溶接ロボット5による倣いシステムは、ロボットの制御装置6が溶接電源2から溶接電流と電圧をサンプリングしている。しかし、そのサンプリング周期は、数ms~数十msと低く、溶接電源2が出力するパルス波形の周波数に対して十分に短いサンプリング周期を要していない。

[0055] サンプリング周期が不十分な場合、エリアシングなどによって誤った信号処理がなされる可能性がある。

[0056] 特に、式(1)のRのみ推定に比べ、L分の微分値を要する式(2)による推定では、パルス周波数(あるいは重畳した高周波)成分に対して十分なサンプリング周期をとる必要がある。例えば、パルス周波数がエイリアシング周波数にかからないサンプリング周期を用いる必要がある。

また、式(2)による推定では、溶接電源2から電流・電圧に加え、電流の微分値も併せてサンプリングするとよい。

[0057] また、通常、倣いに必要な計算（抵抗値推定を含む）はロボットの制御装置6で行うが、本実施形態による抵抗値推定を溶接電源2に設けられた演算装置で実施するといった対応をとるとよい。これは、式（1）すなわちRのみの推定で行ってもよく、式（2）すなわちLが入る際には特に重要な事項である。

[0058] 本出願は2016年4月4日出願の日本国特許出願（特願2016-75181）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

符号の説明

- [0059]
- 1 溶接トーチ
 - 2 溶接電源
 - 3 溶接ワイヤ
 - 4 母材
 - 5 溶接ロボット
 - 6 制御装置

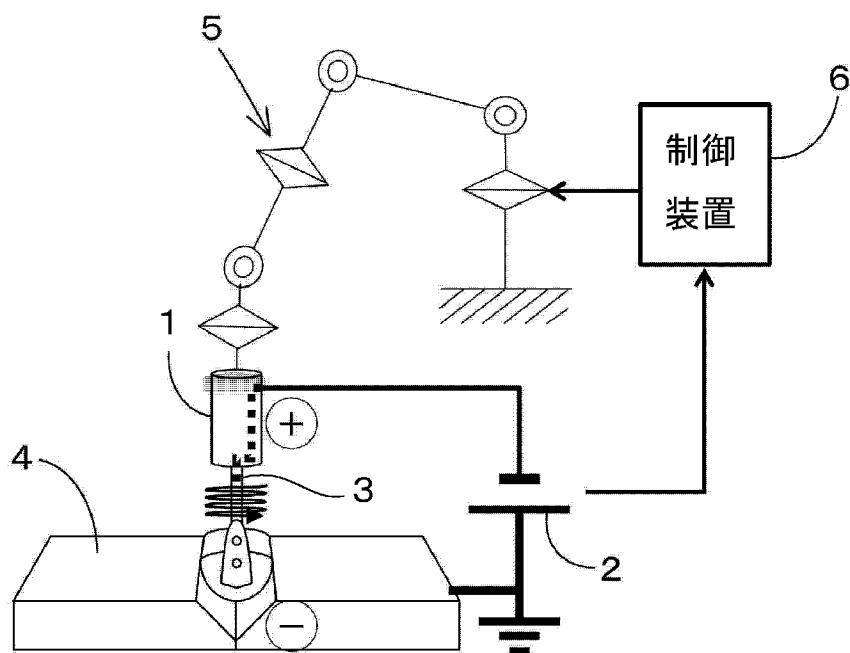
請求の範囲

- [請求項1] 溶接方向に対してトーチを揺動させるウィーピング機能を備えた消耗電極型の溶接装置におけるアーク倣い溶接方法であって、
前記消耗電極へ供給する溶接電流及び溶接電圧に、前記ウィーピングの周波数よりも高い周波数の高周波成分が含まれるようにし、
溶接中における前記溶接電流及び溶接電圧を検出し、
検出された前記溶接電流及び溶接電圧から抵抗値を求め、
求められた前記抵抗値と前記ウィーピングの振幅両端位置に関する情報とから、前記トーチの溶接線からのズレを検出する。
- [請求項2] 請求項1に記載のアーク倣い溶接方法であって、
前記高周波成分を前記消耗電極へ供給する溶接電流又は溶接電圧の直流成分より大きくする。
- [請求項3] 請求項1に記載のアーク倣い溶接方法であって、
前記消耗電極へ供給する前記溶接電流及び溶接電圧をパルス波形とし、前記パルス波形に含まれる高周波成分を前記高周波成分として使用する。
- [請求項4] 請求項1に記載のアーク倣い溶接方法であって、
前記高周波成分の周波数が100Hz以上である。
- [請求項5] 溶接方向に対してトーチを揺動させるウィーピング機能、およびアーク倣い機能を備えた消耗電極型のアーク倣い溶接装置であって、
前記消耗電極へ溶接電流及び溶接電圧を供給し、前記ウィーピングの周波数よりも高い周波数の高周波成分を前記溶接電流及び溶接電圧に含めることが可能に構成されている溶接電源と、
溶接中における溶接電流を検出する電流検出器と、
溶接中における溶接電圧を検出する電圧検出器と、
前記トーチの溶接線からのズレを検出するズレ検出器を有し、
前記ズレ検出器は、前記電流検出器により検出された電流と前記電圧検出器により検出された電圧とから溶接中における溶接電流及び溶

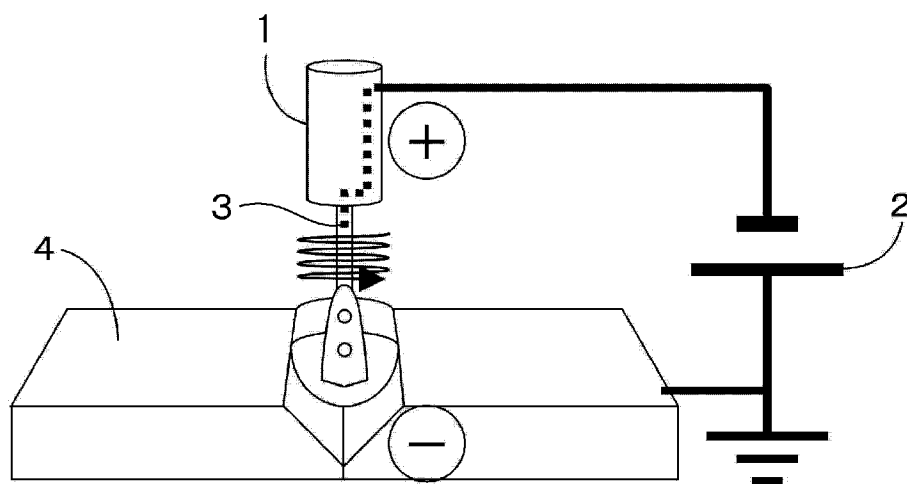
接電圧から抵抗値を求め、求められた前記抵抗値と前記ウィービングの振幅両端位置に関する情報とから前記トーチの溶接線からのズレを検出する。

- [請求項6] 請求項5に記載のアーク倣い溶接装置であって、
前記高周波成分を前記消耗電極へ供給する溶接電流又は溶接電圧の直流成分より大きくすることが可能に構成されている。
- [請求項7] 請求項5に記載のアーク倣い溶接装置であって、
前記消耗電極へ供給する前記溶接電流及び溶接電圧をパルス波形として出力することが可能に構成されている。
- [請求項8] 請求項5に記載のアーク倣い溶接装置であって、
前記高周波成分の周波数を100Hz以上とすることが可能に構成されている。

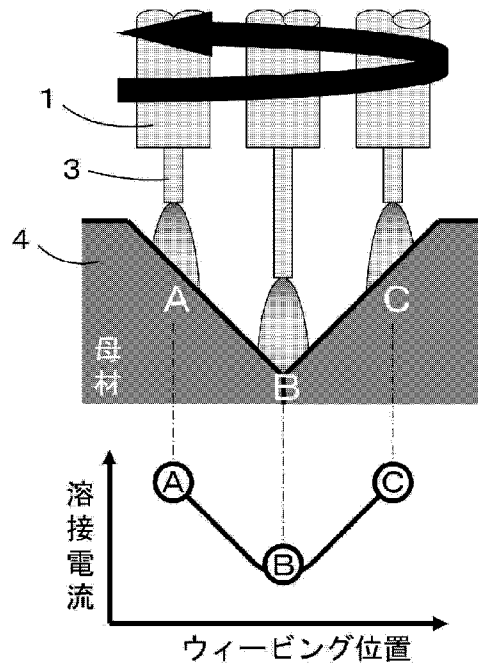
[図1]



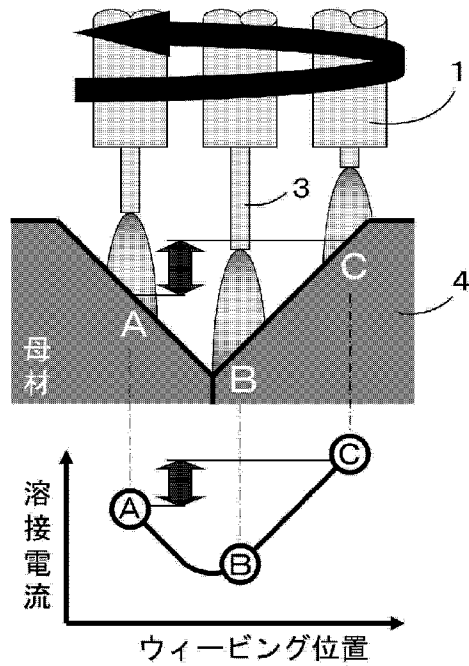
[図2]



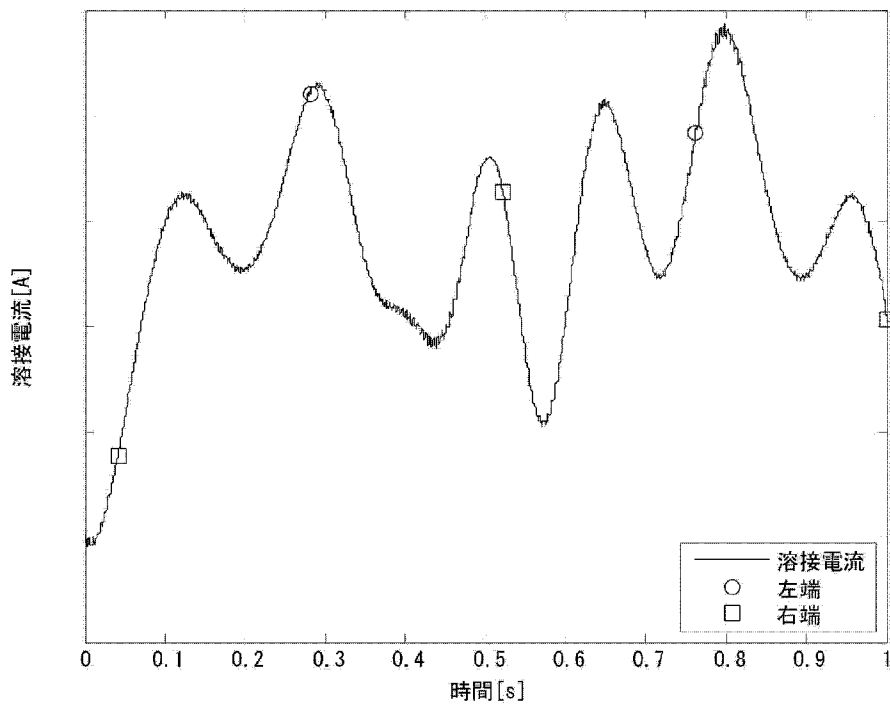
[図3A]



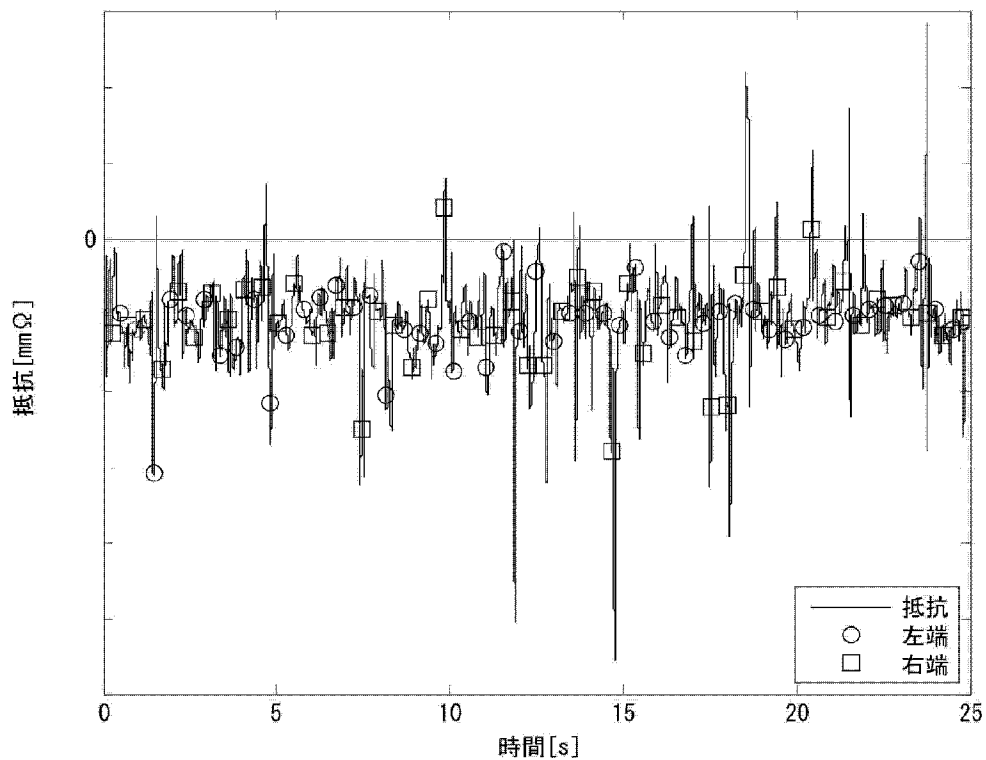
[図3B]



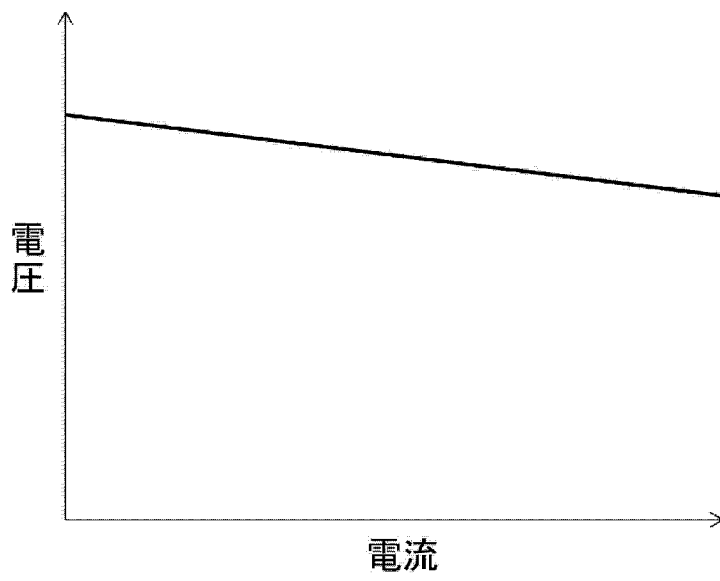
[図4]



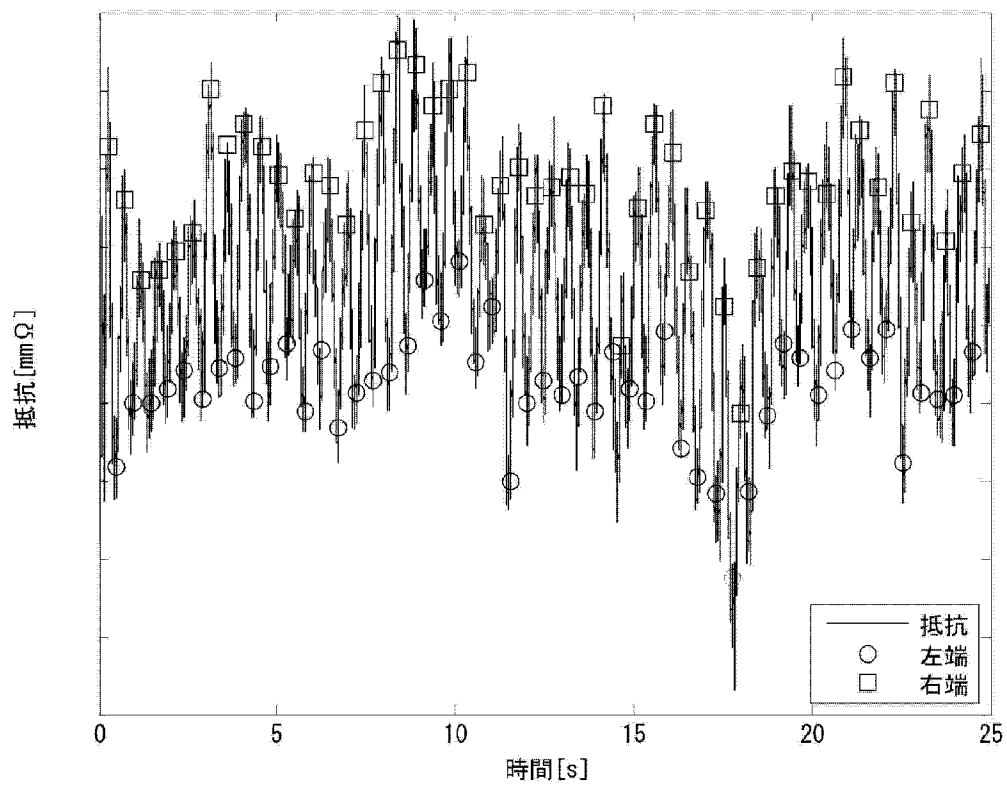
[図5]



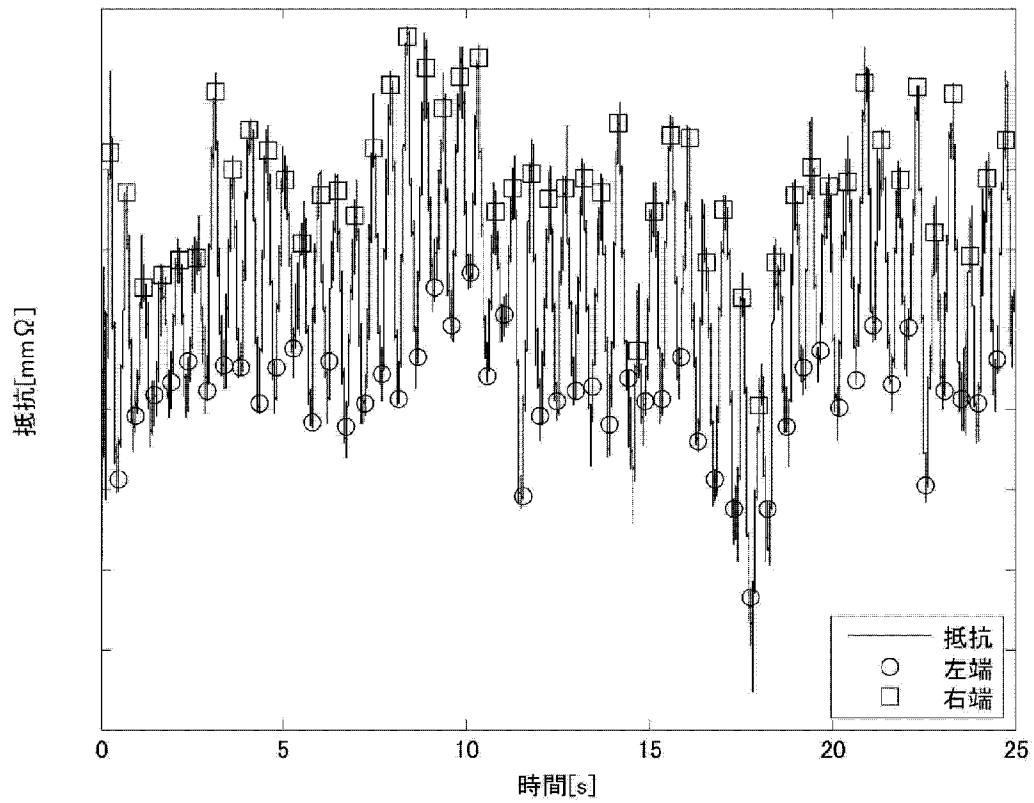
[図6]



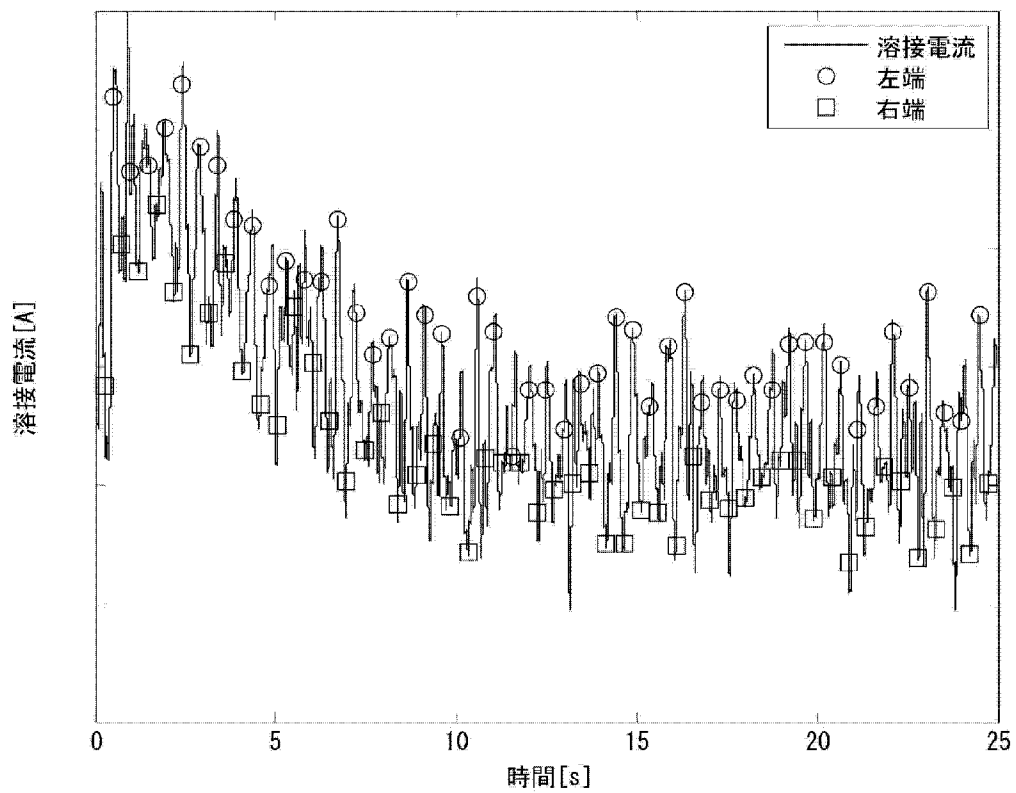
[図7]



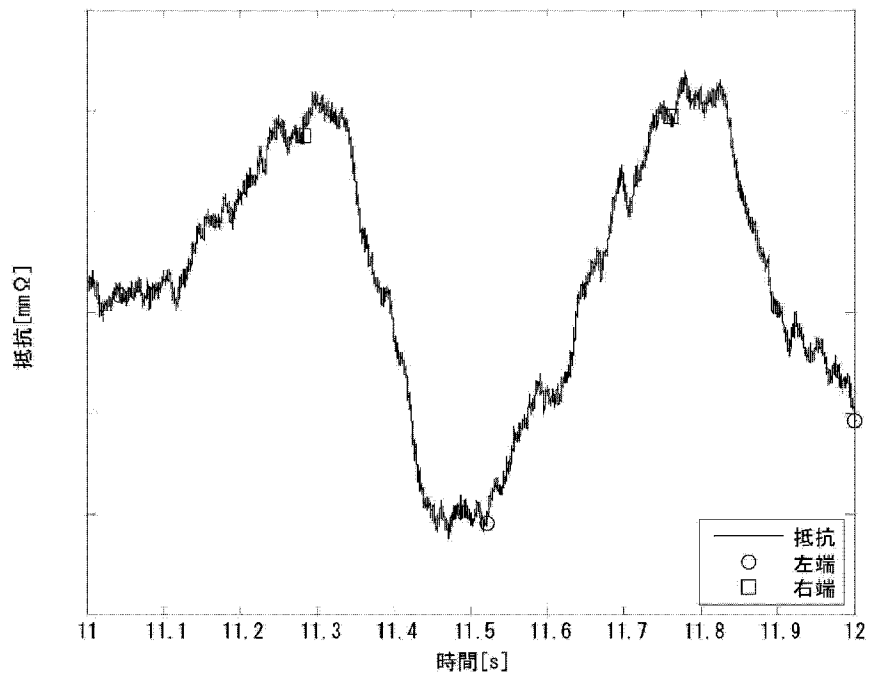
[図8]



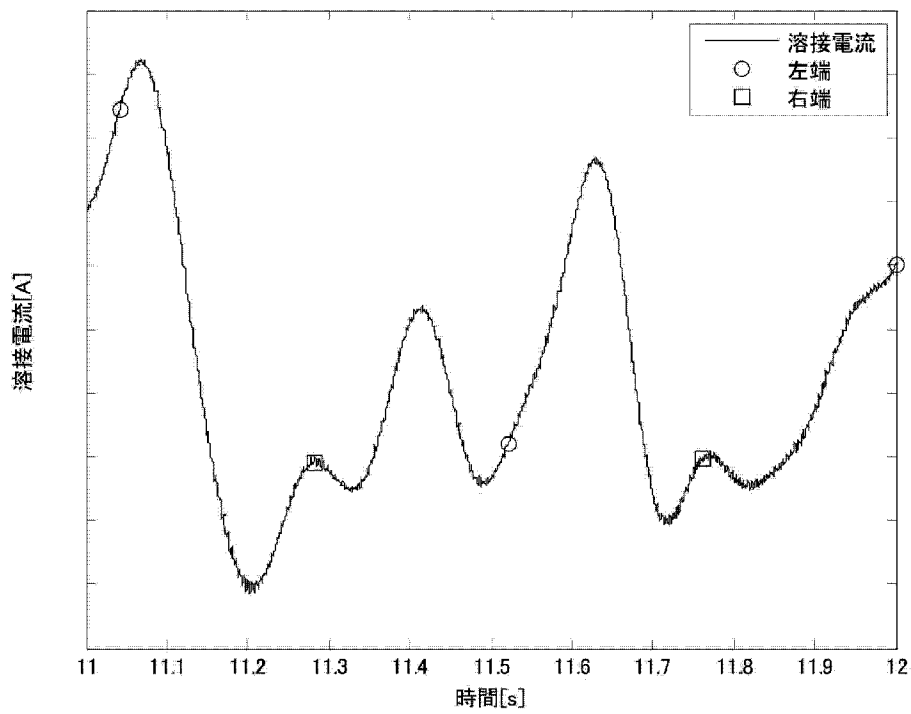
[図9]



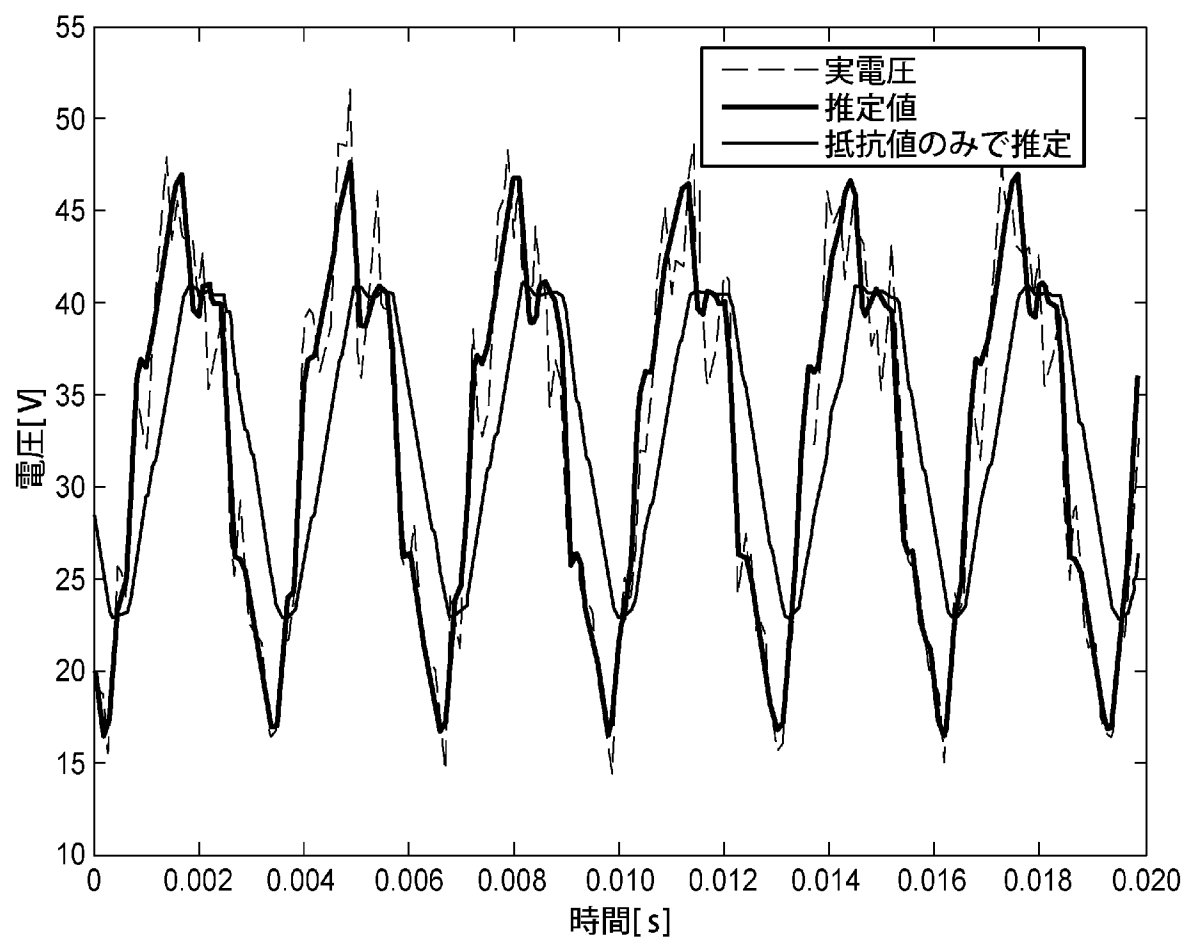
[図10]



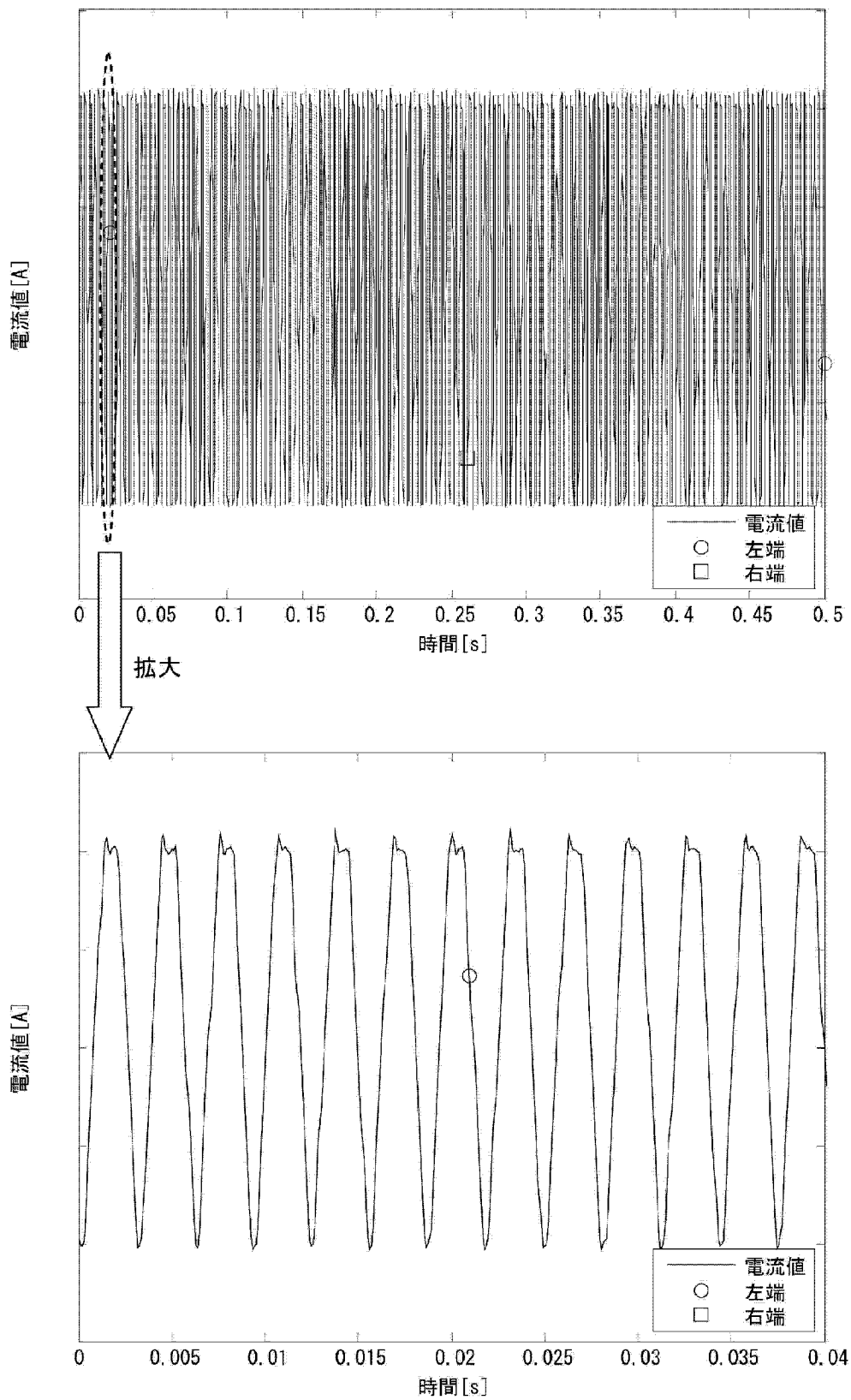
[図11]



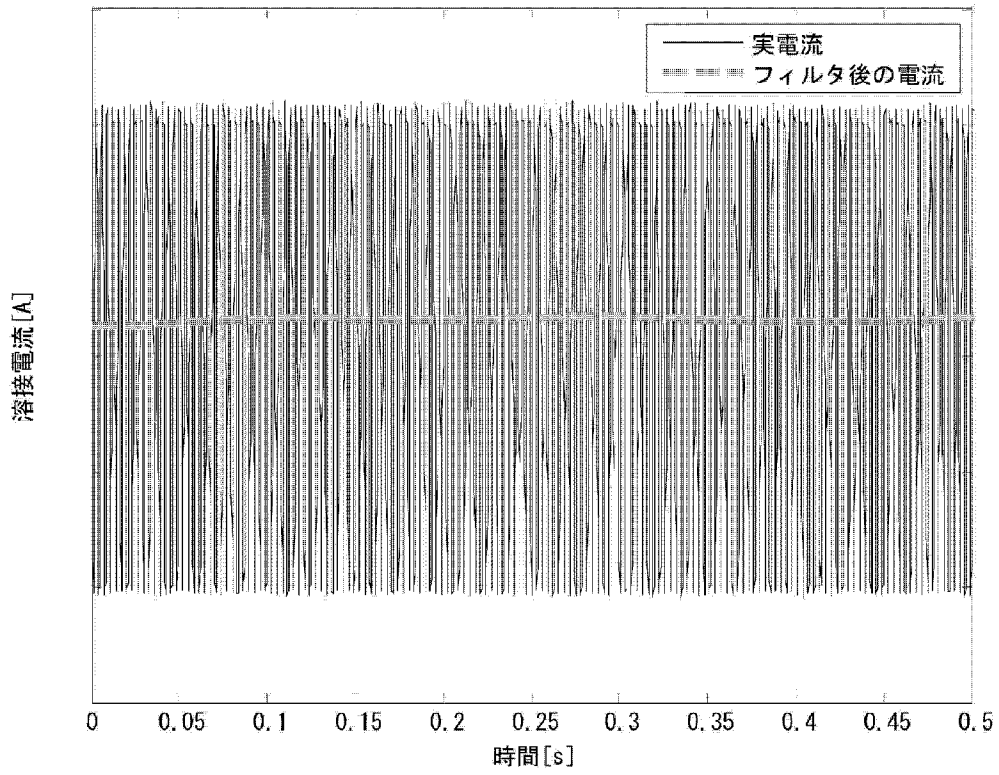
[図12]



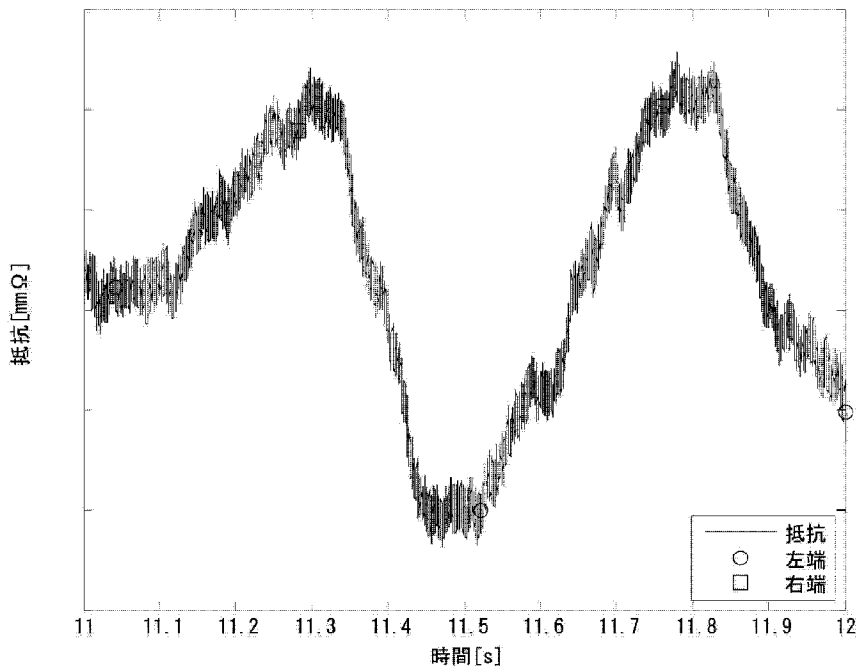
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/009826

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K9/127(2006.01) i, B23K9/12(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K9/127, B23K9/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 59-185575 A (Mitsubishi Electric Corp.), 22 October 1984 (22.10.1984), page 2, lower left column, line 14 to page 3, upper right column, line 13; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-8
Y	JP 9-262675 A (Tokyo Gas Co., Ltd., Hitachi Engineering & Services Co., Ltd.), 07 October 1997 (07.10.1997), paragraphs [0035], [0054]; fig. 1 (Family: none)	1-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
23 March 2017 (23.03.17)

Date of mailing of the international search report
04 April 2017 (04.04.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/009826

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 60-118377 A (Kobe Steel, Ltd.), 25 June 1985 (25.06.1985), page 2, upper right column, line 13 to lower left column, line 16; page 3, lower right column, line 12 to page 4, lower left column, line 4; fig. 2, 6 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K9/127(2006.01)i, B23K9/12(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23K9/127, B23K9/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 59-185575 A（三菱電機株式会社）1984.10.22, 第2ページ左下欄第14行-第3ページ右上欄第13行及び第1-3図 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 9-262675 A（東京瓦斯株式会社, 株式会社日立エンジニアリングサービス）1997.10.07, 段落0035, 0054 及び図1 (ファミリーなし)	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

23.03.2017

国際調査報告の発送日

04.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

奥隅 隆

3P

4016

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 60-118377 A (株式会社神戸製鋼所) 1985.06.25, 第2ページ右上欄第13行-左下欄第16行、第3ページ右下欄第12行-第4ページ左下欄第4行及び第2,6図 (ファミリーなし)	1-8